적응형 pseudomedian 필터를 이용한 보간 알고리즘의 설계

채종석[†] · 권병헌[††] · 최명렬[†††]

요 약

하나의 정지영상 내에서 공간적으로 인접한 화소들을 사용하여 디지털 영상을 확대하기 위한 많은 방법들이 제안되고 있다. 본 논문에서는 보간 화소점에 인접한 화소들의 상관도에 따라 상대적으로 우수한 성능을 보여주고 있는 pseudomedian 필터의 부윈도우 설정을 가변적으로 변화하여 윤곽 정보의 재현성을 개선한 디지털 영상 확대방법을 제안하였다. 제안한 알고리즘은 Visual C++을 이용하여 시뮬레이션하였고, PSNR을 통하여 보간 알고리즘의 성능을 검증하였다. 최종적으로, 제안한 알고리즘인 적응형 pseudomedian 필터는 synopsys VHDL을 사용하여 설계하였다.

A Design of an Interpolation Algorithm using the Adaptive Pseudomedian Filter

Jong-Seok Chae[†], Byung-Hyun Kwon[††] and Myung-Ryul Choi[†††]

ABSTRACT

Many techniques have been proposed for digital image enlargement, which use spatially neighbored pixels information in a still image. In this paper, we propose the digital image interpolation method that improves edge characteristics by selectively transposing the sub-windows of pseudomedian filter, which results in relatively better performance than others. We have simulated the proposed algorithm using Visual C++ and verified performance of the algorithm by PSNR(Peak Signal Noise Ratio) and edge characteristics. Finally, we have designed the adaptive pseudomedian by using synopsys VHDL(Very high speed integrated circuit Hardware Description Language).

1. 서 론

영상 확대 기술은 크게 광학적 영상 확대와 디지털 영상 확대로 구분할 수 있다. 하지만 그 실용성 면에 있어서 디지털 영상 확대기술이 더 선호되고 있다. 디지털 영상 확대는 영상 확장(image extension)과 영상 보간(image interpolation)의 두 단계로 나누어 설명할 수 있다. 우선, 원영상의 화소를 확대하고자 하는 간격만큼 띄어 놓는 영상 확장 과정을 수행한 후, 확장 영상의 격자에 존재하지 않는 격자점들의 화소값을 적절한 값으로 채우는 영상 보간 과정을 단계적으로 수행한다[1].

하나의 이미지내에서 각각의 픽셀은 수직, 수평 그리고 대각성분에 높은 상관관계를 가지고 있다. 하지만 기존의 보간방식은 이들 상관도에 상관없이 일관적인 부윈도우 적용으로 국부적인 이미지의 질 저하를 보이는 경향이 있다. 이에 따라 본 논문에서는 영상 확대 기술과 관련된 문제에 효과적으로 대응하고자 보간용 Pseudomedian필터를 디지털 영상을 확대하기 위한 구조로 변형함과 동시에 Pseudomedian 필터의 화소 재현성을 극대화하기 위해 대각선 방향

본 논문은 산업자원부와 과학기술부에서 시행한 선도기술 개발사업의 지원을 받았습니다.
† 한양대학교 전자 · 컴퓨터공학부 석사 과정
†† 정회원, 유한대학 정보통신과 전임강사
††† 정회원, 한양대학교 전자 · 컴퓨터공학부 교수

의 보간 화소점에 인접한 화소들의 분포 특성에 따라 보간용 Pseudomedian 필터의 부 윈도우 설정을 가변적으로 변화시켜 윤곽 정보의 재현성을 개선한 디지털 영상 확대 방법을 제안하고 있다.

2장에서는 기존의 보간 방식에 대하여 설명하였고, 3장에서는 제안한 보간방식의 원리를 설명하였다. 4장에서는 알고리즘의 성능평가를 위해 기존 방식과 제안한 방식을 이용하여 다양한 이미지에 적용하고, PSNR 기법을 통하여 성능을 비교하였으며, 마지막으로 각각의 알고리즘을 Synapsys VHDL을 통하여 합성하고, 각각의 알고리즘과 제안한 알고리즘의 필터의 특성에 대하여 논하였다.

2. 기존의 영상 확대 방법

보간방식은 TV신호의 비월주사를 순차주사로 변환할 때 처음 사용되었다. 비월주사의 경우 시간 수직축상의 성분의 혼합에 의한 에일리어싱(aliasing)이 발생하므로 순차주사로 변환하면 이 문제점이 해결된다. 이 때 비월주사에서 각 프레임내의 생략된 주사선을 재생하기 위하여 보간 기법을 사용한다. 기존의 보간 방식들은 선형 연산을 위주로 한 선형 보간 방식과 미디안(Median) 필터를 중심으로 하는 비선형 보간 기법으로 나눌 수 있다[2]. 대표적인 기존 방식에는 선형 보간 방식으로는 ZOI(zero order interpolation)[2], FOI(first order interpolation)[2], SWAI (spatio-weigthed adaptive interpolation)[3]등이 있으며, 그리고 비선형 보간방식으로 미디안 방식(median method)[4], ELA(edge based line average)[5], PMED(pseudomedian) 필터 등이 있다.

2.1 ZOI

ZOI 방식은 라인 반복 방법이라고도 하며, 생략된 라인의 위 라인을 그대로 반복하는 방식으로서 이 방식은 구현은 간단하나 제한된 적용성을 가진다. 이 방식은 정지화에 적합한 특성을 보이며 실제 3차원 처리에서 정지영역에 부분적으로 사용되고 있다[2,6,7].

2.2 FOI

FOI 방식은 라인 평균방법이라고도 하며, 비월 주사된 각 필드에서 빠져있는 주사선을 인접한 상하 주사선의 화소값을 평균하여 보간하는 방식으로서 동화에 적합하며, 극히 간단한 구성으로도 비교적 만족할 만한 결과를 나타내므로 가격대 성능비를 고려할 때 사용되는 방식이다[2,7].

2.3 SWAI

이 방식은 필드내에서 보간 하고자 하는 화소의 상하를 평균한 필터와 네 방향의 대각선에 위치하는 화소의 평균을 취한 필터에서 수직, 대각선 방향의 차를 구하고, 이를 근거로 상관관계에 비례하는 가중치를 곱하여 보간 되는 신호의 값을 산출하는 방식이다. 이 방식은 계산량이 많아서, 실제 TV 주사선 보간방식으로의 적용에는 어려움이 따른다[3,7].

2.4 미디안 방식

미디안 방식은 신호처리에 사용되는 가장 보편적인 비선형 기법 중의 하나로서 개념적으로 복잡하지는 않지만 실제 계산량이 많이 요구되는 방식이다[4,7]. 이 방식에서 사용되는 미디안 필터의 윈도우 함수가 각 점의 신호를 통과함으로써 쉽게 산출되는 연산자이며, 필터의 출력은 식 (1)로 표현되며, 윈도우 내부의 미디안 값을 취한다.

$$g = MED(a,\ b,\ c,\ d,\ e,\ f,\ h) \tag{1}$$

여기서 $h = (b+e)/2$ 이다.

2.5 ELA 보간 알고리즘

ELA 보간 알고리즘은 TV 신호처리에 사용되며 임펄스 노이즈를 제거할 때는 우수하지만 FOI를 기반으로 하기 때문에 화상 윤곽이 흐려지는 경향이 있다[5,7].

ELA 보간 알고리즘은 에지가 색이 다른 면에 대해서는 재생을 잘 해낼 수 있으나, 대각선 방향의 단선일 경우는 알고리즘의 순서에 따라 대각선을 재생할 수도 있고 혹은 바탕색으로 재생될 수 있다. 보간될 화소 x(i,j)를 구하는 방법이다.

2.6 Pseudomedian 필터

2.6.1 Pseudomedian 필터의 정의

Pseudomedian 필터의 정의는 N=1, N=2에 대해 식 (2)와 (3)으로 표현할 수 있다. N=1 인 경우는 윈도우 값이 {a, b, c} 이고, N=2인 경우는 윈도우 값이

{a,b,c,d,e} 이다. 여기서 PMED는 pseudomedian을 의미한다. Pseudomedian필터는 미디안과는 달리 윈도우에서 N+1의 부 윈도우만을 사용하기 때문에 미디안 필터보다 더욱 중심점에 강한 가중치를 부가하는 특성을 가지고 있다. 한편 에지와 임펄스에 대한 응답특성도 미디안 필터보다 우수하다[4,7].

$$PMED\{a,b,c\} = 0.5\times\max[\min\{a,b\},\min\{b,c\}] + 0.5\times\min[\max\{a,b\},\max\{b,c\}] \quad (2)$$

$$PMED\{a,b,c,d,e\} = 0.5\times\max[\min\{a,b,c\},\min\{b,c,d\},\min\{c,d,e\}] + 0.5\times\min[\max\{a,b,c\},\max\{b,c,d\},\max\{c,d,e\}] \quad (3)$$

2.6.2 H형 PMED

H형 PMED(이하 H-PMED)는 인가되는 비월주사 방식의 신호를 순차주사 방식의 형태로 변환하기 위한 것이며, 보간되는 화소값 g는 식 (4)로 표현된다[4,7].

$$g = PMED\{a,b,c,d,e,f\} = 0.5\times\max[\min\{a,b,c\},\min\{d,e,f\},\min\{b,e\}] + 0.5\times\min[\max\{a,b,c\},\max\{d,e,f\},\max\{b,e\}] \quad (4)$$

2.6.3 Asterisk-shaped PMED

이미지에서의 임의의 화소는 주변화소의 수평, 수직 뿐만아니라, 대각선 방향에 대해서도 상관관계가 크다. Asterisk형 PMED(이하 A-PMED)는 대각선 방향과 수직방향을 고려한 방식이다. 출력 g 는 식 (5)로 표현된다[4,7].

$$g = PMED\{a,b,c,d,e,f\} = 0.5\times\max[\min\{a,f\},\min\{c,d\},\min\{b,e\}] + 0.5\times\min[\max\{a,f\},\max\{c,d\},\max\{b,e\}] \quad (5)$$

3. 제안한 적응형 윈도우 알고리즘

적응형 윈도우 알고리즘은 기존의 H형 방식에 임의의 픽셀주위의 픽셀들간의 상관도에 따라 부윈도우의 설정을 가변시켜 보간을 실시한다. 일반적으로 H형 보간방식은 수직 에지부분 즉 수평으로 픽셀들 사이에 상관도가 밀접할 때 우수한 성능을 보이는 것으로 알려졌다. 따라서 수평방향으로의 상관도가 큰 경우는 H형 PMED의 원래 부윈도우를 사용하고 수직방향으로 상관도가 큰 경우는 새로운 부윈도우를 적용하였다.

3.1 상관도 결정 판별식

먼저 적응형 윈도우를 적용하기 위해선 픽셀간의 상관도를 알아보는 과정이 필요하다. 식 (6)에서 SH와 SV 는 각각 수평, 수직픽셀들간의 유사도의 역수로 정의한다. 식 (6)에서 픽셀들 사이의 차이의 절대값의 합이 작은쪽이 상관도가 강하다. 즉 SH > SV 이면 수직방향으로 상관도가 강하고 SV > SH 이면 수평방향으로 상관도가 강하다고 판단할 수 있다. 그림 1은 상관도를 결정하기 위한 화소군을 나타내고 있다.

$$SH = |a-c| + |d-f|$$
$$SV = |a-d| + |c-f| \quad (6)$$

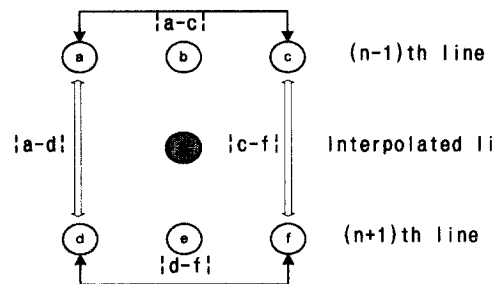



그림 1. 상관도 결정을 위한 화소군

3.2 수직 방향 상관도가 클경우의 부윈도우 설정

수직 방향으로의 상관도가 클 경우 즉 SH > SV 일 경우에 부윈도우 설정을 그림 2와 같이 변경한다. 각각의 변화된 부윈도우에서의 최대치의 최소치와 최소치의 최대치를 평균함으로써 새로운 픽셀을 생성하게 된다. 이렇게 부윈도우를 H-PMED경우와는 다르게 전치 시킴으로서 보간될 픽셀 주위의 픽셀들

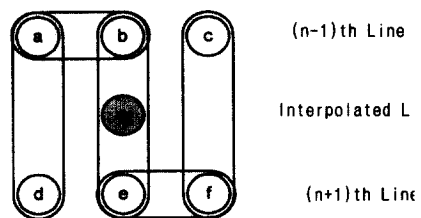



그림 2. 새로운 부윈도우 설정

이 수직방향으로의 상관도가 강할 경우에는 수직방향에 존재하는 픽셀들끼리의 최대, 최소값을 이용함으로서 수평 에지 재현성을 극대화 할 수 있게 된다. 출력 g는 식 (7)과 같이 표현된다.

$$g = PMED\{a,b,c,d,e,f\} \quad (7)$$
$$= 0.5 \times \max[\min\{a,b,d\}, \min\{c,e,f\}, \min\{b,e\}]$$
$$+ 0.5 \times \min[\max\{a,b,d\}, \max\{c,e,f\}, \max\{b,e\}]$$

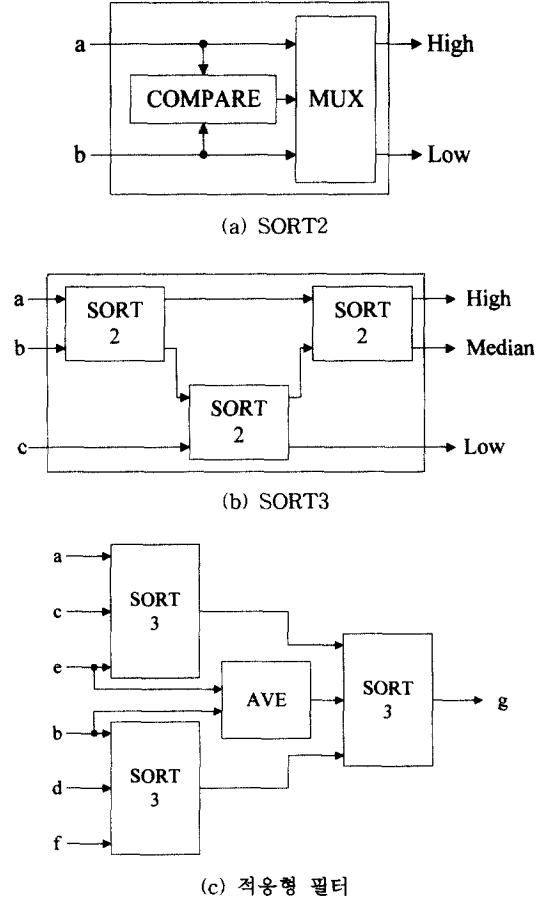
3.3 제안한 알고리즘

앞의 내용을 종합해보면 제안된 알고리즘은 픽셀간의 상관도에 따라 식 (8)과 같이 수행된다. 먼저 픽셀들의 상관도를 판별하기 위하여 SH 와 SV 값을 구하고 두 값의 크기를 비교한 뒤 그 결과를 가지고 H-PMED 또는 제안한 알고리즘을 적용할 것인가를 결정하게 된다. 여기서 새로운 윈도우와 기존의 H-PMED의 부 윈도우의 관계를 살펴보면 픽셀 c 와 픽셀 d의 교환이 이루어 졌음을 알 수 있다. 따라서 판별식의 결과는 이 두 픽셀이 위치할 자리만을 교환시켜주는 역할을 하게 된다.

$$SH = ABS(a-c) + ABS(d-f) \quad (8)$$
$$SV = ABS(a-d) + ABS(c-f)$$
$$\text{if } SH > SV \text{ then}$$
$$\text{new pixel} = PMED\{a,b,c,d,e,f\}$$
$$= 0.5 \times \max[\min\{a,b,d\}, \min\{c,e,f\}, \min\{b,e\}]$$
$$+ 0.5 \times \min[\max\{a,b,d\}, \max\{c,e,f\}, \max\{b,e\}]$$
$$\text{else}$$
$$\text{new pixel} = PMED\{a,b,c,d,e,f\}$$
$$= 0.5 \times \max[\min\{a,b,c\}, \min\{d,e,f\}, \min\{b,e\}]$$
$$+ 0.5 \times \min[\max\{a,b,c\}, \max\{d,e,f\}, \max\{b,e\}]$$

3.4 제안한 적응형 필터의 구조

그림 3에서 (a)는 2개의 입력 화소를 정렬(Sorting)하기 위한 구성을 나타낸 것이다. (b)는 3개의 입력 화소를 정열하기 위한 구성이다. (c)는 6개의 입력값들 중에서 최대값 또는 최소값을 찾는 구조를 나타낸다. 제안한 적응형 필터는 비교기 9개, MUX 9개, 덧셈기 1개로 구성된다. 실재로는 덧셈기에서 나온 출력의 LSB 다음의 비트부터 캐리 비트까지 8 비트를 취하기 때문에 곱셈기는 필요 없게 된다. SORT2에서 사용한 MUX는 비교기에서의 출력을 제어 신

(a) SORT2

(b) SORT3

(c) 적응형 필터

그림 3. 적응형 필터의 구조

호로 하여 최대값을 High, 최소값을 Low로 출력하게 된다. SORT2를 기본으로 하여 SORT3을 만들고, 이것을 모아서 전체적인 필터를 구성하였다. 적응형 필터는 상관도에 따라 다른 알고리즘을 사용하지만, 두 개의 알고리즘이 같은 블록을 사용하므로 하드웨어의 구조를 줄일 수 있다. 그림 4는 적응형 필터를 사용한 전체적인 filter의 구조를 나타내고 있다.

4. 시뮬레이션 결과 및 고찰

4.1 PSNR 비교

PSNR(Peak Signal to Noise Ratio)은 이미지를 비교하는 객관적 판단 기준으로 주로 상용되며 식 (9)로 표현된다.

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(255)^2}{MSE} [dB] \quad (9)$$

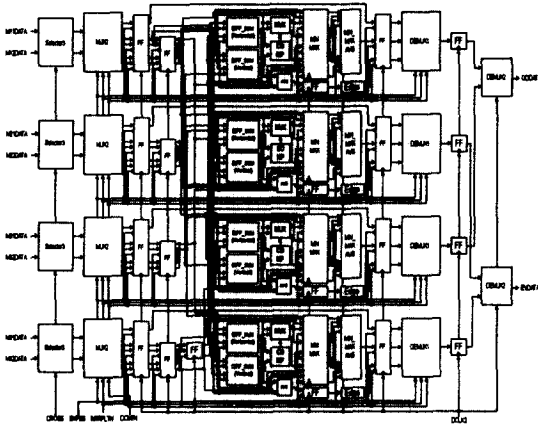



그림 4. 적응형 알고리즘을 이용한 Vertical scaler

$$MSE = \frac{1}{NM} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} |I(i,j) - I'(i,j)|^2 \quad (10)$$

여기서 MSE는 Mean Square Error를 나타내며 N, M은 각각 화면의 가로, 세로의 화소 수 이며, I(i,j)는 원래의 화소 값이고, I'(i,j)는 보간 알고리즘을 적용한 화소 값이다.

시뮬레이션은 준 동화상인 salesman의 30 frame (512×480)과 정지화상인 lena(512×480)의 샘플이미지를 가지고 각각의 이미지의 격행을 컴퓨터 언어인 C언어를 이용하여 제거하여 512×240의 이미지를 만든 뒤 제거된 라인을 기존의 보간 알고리즘(FOI, ZOI, H-PMED, A-PMED)과 제안된 보간 알고리즘을 적용하여 비교하고 분석하였다.

표 1과 2는 각 이미지(SALESMAN : frame 1, 9, 13, 20 and LENA)에대한 알고리즘들의 PSN R값이며 그림 5는 각 이미지에 대한 그래프를 도시한 것이다.

표 1. PSNR에 대한 각 방식의 비교(Salesman)

	Salesman (Frame1)	Salesman (Frame9)	Salesman (Frame13)	Salesman (Frame20)
Adaptive window	39.97	40.08	40.04	39.79
H-PMED	39.83	39.83	39.90	39.65
A-PMED	38.83	38.99	38.98	38.79
FOI	41.16	41.30	41.23	40.88
ZOI	34.04	34.26	34.18	33.91

표 2. PSNR 에 대한 각 방식의 비교(LENA)

	Adaptive	H-MED	A-PMED	FOI	ZOI
LENA	37.38	37.38	36.42	37.59	32.42

각각의 방법에 대한 PSNR을 살펴보면 정지 영상인 LENA의 경우에는 제안한 적응형 윈도우 알고리즘은 H-PMED와 거의 같은 값이 나왔으며 SALES-MAN의 경우에는 전 frame에 걸쳐서 PSNR 이 FOI를 제외한 나머지 방법보다 우수하게 나왔다. 그러나 상대적으로 좋은 PSNR 값을 보여 준 FOI는 이미지의 시각적인 평가 부분에서 에지 부분에서의 계단화 현상이 심하게 나타났다. 이는 LENA 의 경우에 더 잘 나타났다. 하지만 제안한 알고리즘은 PSNR도 우수하게 나왔을 뿐만 아니라 주관적인 평가부분에서도 매우 우수한 결과를 보여주었다. 그림 6과 7은 Lena

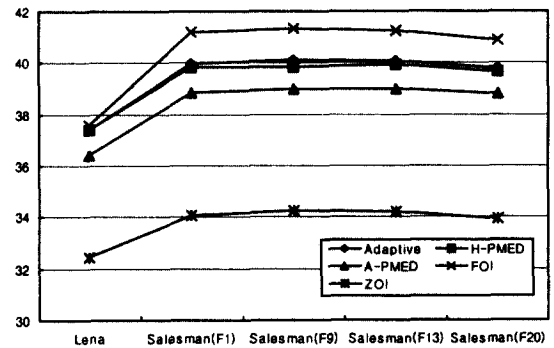



그림 5. Lena and Salesman의 PSNR

(e) H-PMED (f) Adaptive algorithm

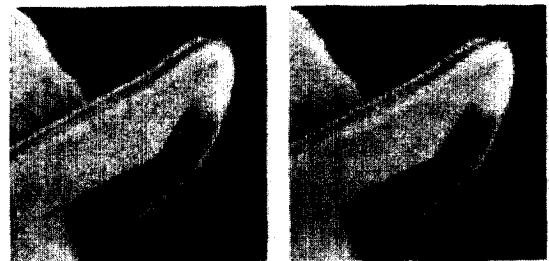



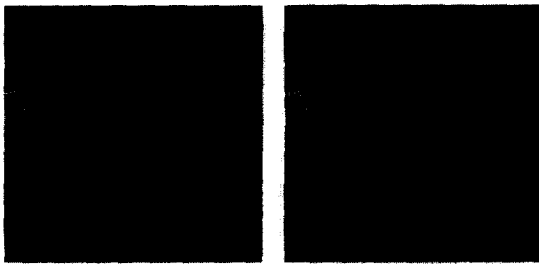
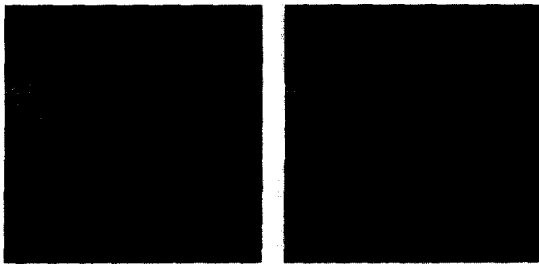
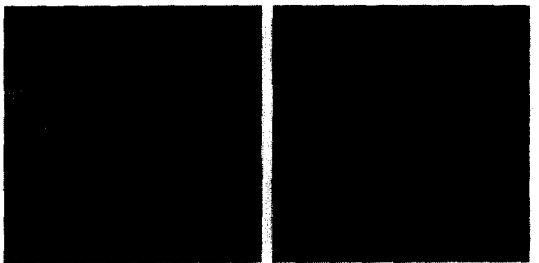
그림 6. 처리 결과(LENA)

(a) ORIGINAL (b) ZOI

(c) FOI (d) A-PMED

(e) H-PMED (f) Adaptive algorithm

그림 7. 처리 결과(SALESMAN : frame 19)

와 Salesman의 이미지를 대상으로 각각의 필터를 적용하여 보간한 이미지를 확대하여 예시한 것이다. 그림 6의 Lena는 정지화 이미지이고, 그림 7의 Salesman은 30 프레임의 동영상을 각각의 방식으로 보간한 후에 가장 특징이 잘 나타나는 19 frame의 이미지를 확대하여 예시하였다.

4.2 VHDL을 이용한 합성

그림 8은 적응형 알고리즘을 VHDL을 이용한 이미지 확대의 Function simulation 결과이다. 원으로 표시된 Input data가 Memory output으로 입력되었다가 Scaler output으로 data가 보간되어 출력되는 것을 보여주고 있다. 표 3는 각 보간 알고리즘에 대한 처리 속도(delay), 하드웨어 복잡성, 선명도, PAD (Product Area Delay)를 나타냈다. 그림 9는 각 필터에 대한 Synopsys design analyzer를 이용한 합성 결과이다.

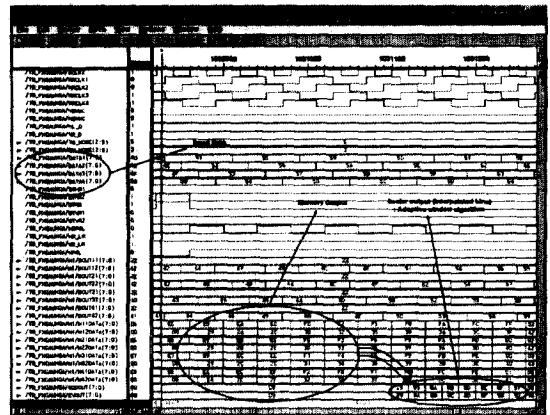



그림 8. Function simulation 결과

표 3. 각 필터별 연산량 비교

	Delay (nsec)	Area	Add	Sub	MUX	Comp
FOI	2.915	67.26	1	0	0	0
Median 필터	5.84	1563.45	1	0	24	24
ELA 필터	6.73	847.43	1	3	10	9
H-형 PMED	5.524	1005.05	1	0	13	13
A-형 PMED	4.37	648.76	1	0	9	9
Adaptive Windos	13.83	1734.9	3	4	18	18

5. 결 론

본 논문에서는 화면 확장을 위해 적응형 알고리즘을 제안하고 설계하였다. Pseudomedian 필터 하드웨어 구조에 근거하여 기존의 방식과의 연산량을 비

(a) FOI (b) Median Method

(c) ELA Filter (d) H-형 PMED

(e) Asterisk-형 PMED (f) Adaptive-형 filter

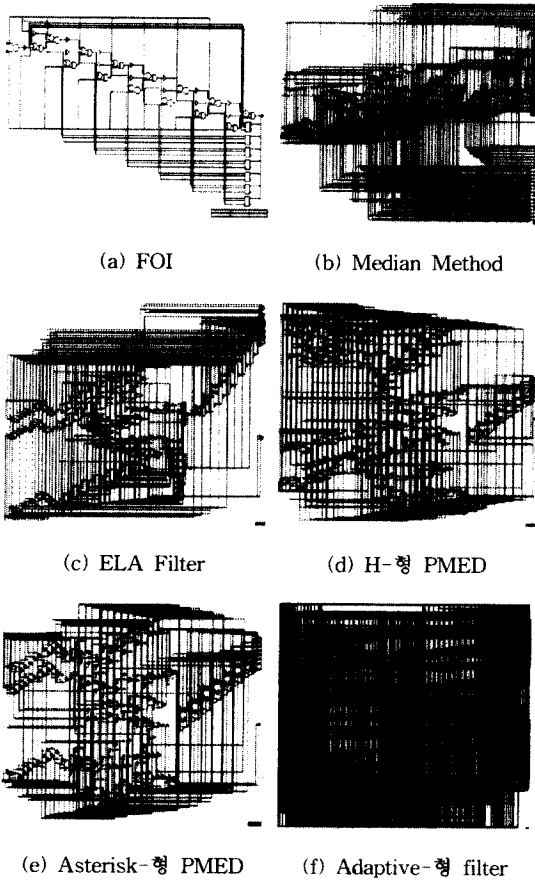



그림 9. Synopsys Design Analyzer를 이용한 합성 결과

교하였다. 그리고 기존의 방식과 제안한 방식을 정량적으로 비교하기 위하여 PSNR을 도입하였고, 그 결과 주변화소의 분포 특성에 따라 Pseudomedian 필터의 부 윈도우의 설정 방향을 가변 시킴으로써 전체적인 화질의 향상과 아울러 윤곽부분에서 더욱 매끄러운 특성을 보임을 알 수 있었다.

정량적 평가 기준으로 사용된 PSNR의 경우에는 이미지의 에지 특성을 고려한 PMED방식과 유사하였으나 재생된 이미지의 에지 특성의 우수성과는 일치하지 않았다. 이러한 결과는 PSNR이 우수하다고 하여 반드시 인간의 시각특성에 적합한 방식이라고 단정할 수 없다. 따라서 인간의 시각특성을 고려한 정량적인 평가방법의 연구가 필요하다.

적응형 필터는 기존의 하나의 알고리즘에 대응한 고정형 연산처리 방식에 비하여 두 개의 서로 다른 알고리즘이 하나의 블록을 사용하므로 단순하게 구성되어 구현이 용이하므로 보간처리 방식을 필요로 하는 FPD 분야 및 다양한 시스템에 적용되리라 예상된다.

참 고 문 헌

[1] 권병헌, 장광수, 황병원 “De-Interlacing Scan Conversion을 위한 Pseudomedian Filter의 특성”, 한국 통신학회논문지, Vol. 21, no. 1, pp, 1151-1171, 1996.

[2] R. S. PRODAN, “Multidimensional Digital Signal Processing for Television Scan Conversion”, Philips J. Res. 41, pp. 576-603, 1986.

[3] D. Nquyen, E. Dubois, “Spatio-Temporal Adaptive Interlaced to Progressive Conversion”, International Workshop on HDTV'92 Proceeding Vol. 2, Nov. 18-20, 1992.

[4] H. Rabtanen, “Color Video Signal Processing with Median Filters”, IEEE Trans. on Consumer Electrons, Vol. 38, No. 3, pp. 157-161, Aug. 1992.

[5] K. Oistamo, Y. Neuvo, “A Motion Intensive Method for Scan Rate Converter and Cross Error Cancellation”, IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 37, No. 3, pp. 296-301, Aug. 1991.

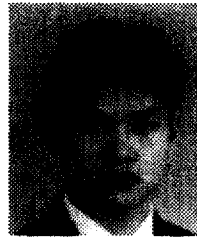
[6] P. Pohjla, M. Karlesson, “Line Rate Up Conversion in HDTV Application”, IEEE Trans. on Consumer Electronics, Vol. 37, No. 3, pp. 309-312, Aug. 1991.

[7] 최명렬 외 3명, “FPD상에서의 전화면 디스플레이를 위한 델타형 필터의 특성”, 한국멀티미디어학회 논문 집, 제 3권 2호, pp. 184-191, 2000.

최 명 렬

1983년 한양대학교 전자공학과 학사
1985년 미시간주립대학교 컴퓨터 공학석사
1991년 미시간주립대학교 컴퓨터 공학 박사
1991년 3월~10월 생산기술 연구원 전자정보실용화센터 조교수
1991년 11월~1992년 8월 생산기술연구원 산하 전자부품종합기술연구소 선임연구원, 1992년 9월~현재 한양대학교 전자·컴퓨터공학부교수
관심분야 : ASICs, 신경회로망 칩 설계, 스마트카드 응용, μP/DSP, Wireless ATM, RF-IC

권 병 헌

1987년 한국항공대학교 전자공학과 학사
1989년 한국항공대학교 전자공학과 석사
1995년 한국항공대학교 전자공학과 박사
1989년 1월~1997년 8월 LG전자 (주) 멀티미디어 선임연구원
1997년 9월~현재 유한대학 정보통신과 전임강사
관심분야 : 영상 신호 처리, 영상 통신

채 종 석

1999년 한양대학교 제어계측공학과 학사
1999년 3월~현재 한양대학교 전자·컴퓨터공학부 석사과정
관심분야 : ASIC, VLSI